

## ⑫ 特 許 公 報 (B 2)

昭62-30602

⑤Int.Cl.<sup>4</sup>G 02 B 6/28  
6/16

識別記号

庁内整理番号

B-8106-2H  
A-7370-2H

②④公告 昭和62年(1987)7月3日

発明の数 2 (全6頁)

④発明の名称 ファイバ形光結合子およびその製造方法

①特 願 昭58-192174

⑤公 開 昭60-83906

②出 願 昭58(1983)10月14日

③昭60(1985)5月13日

⑦発 明 者 河 内 正 夫 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話公社茨城電気通信研究所内

⑦発 明 者 野 田 壽 一 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話公社茨城電気通信研究所内

⑦発 明 者 佐 々 木 豊 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話公社茨城電気通信研究所内

⑦発 明 者 小 林 盛 男 茨城県那珂郡東海村大字白方字白根162番地 日本電信電話公社茨城電気通信研究所内

①出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

④代 理 人 弁理士 志賀 正武

審 査 官 吉 野 公 夫

⑤参 考 文 献 特開 昭54-88138 (JP, A) 特開 昭57-123836 (JP, A)

1

2

## ⑦特許請求の範囲

1 クラッド部に応力付与部を有する複数本の直線偏波保持光ファイバの一部が、ファイバ複屈折主軸方向を揃えて融着・延伸されてなるファイバ形光結合子において、該光ファイバの応力付与部の屈折率がクラッド部の屈折率に整合していることを特徴とするファイバ形光結合子。

2 クラッド部に応力付与部を有する複数本の直線偏波保持光ファイバの一部を融着・延伸するファイバ形光結合子の製造方法において、融着・延伸に先だち、該光ファイバの応力付与部位置を光ファイバ側面より偏光あるいは紫外光を用いて検出し、必要に応じて個々の光ファイバをその中心軸に関して回転し、複数本の該光ファイバの複屈折主軸方向を所望の配列に揃えることを特徴とするファイバ形光結合子の製造方法。

## 発明の詳細な説明

本発明は、光通信や光ファイバセンサの分野に用いるファイバ形光結合子およびその製造方法に関するものである。

光ファイバ製造技術の進展に伴ない、直線偏波

を主軸に沿って長距離にわたって安定に保存する単一モード光ファイバが開発され、直線偏波保持性光ファイバと呼ばれて光通信や光ファイバセンサの分野に新たな進歩を生み出すものと期待されている。直線偏波保持性光ファイバの利用に際しては、ファイバに接続される光回路部品にも直線偏波保持性が要求される。なかでも、ファイバ形光結合子は重要な光回路部品であり、従来、第1図の構造が提案されている。第1図において、2本の直線偏波保持性光ファイバ1-1a, 2-2aは、その一部が融着・延伸されている。直線偏波保持性光ファイバは、コア部4aの周囲のクラッド部4bに応力付与部5を有し、応力付与部5で定まるファイバ複屈折主軸6a, 6bが互いに平行に揃うように、融着・延伸部3の断面7でファイバが配列されている。ファイバ1に入射した直線偏光8は、ファイバ複屈折主軸に沿って伝わり、融着・延伸部で他方の光ファイバにも分割され、直線偏光9, 10として、それぞれファイバ1a, 2aから出射する。

融着・延伸部3でも、直線偏光状態が破壊され

3

ない2本のファイバの配列構造としては、第1図に示した例を含めて、第2図に示すように2本のファイバを融着操作21して得た構造が3通りあることが知られている（参考文献M.Kawachi他；Electron.Lett.18（1982）962）。このようなファイバの配列操作は、顕微鏡下で応力付与部位置を観察することによりなされている。

上記のファイバ形光結合子は、確かに入射・射出ファイバの複屈折主軸に沿って、直線偏波を-15dB程度の消光比で良好に保持するが、融着・延伸部3での過剰損失が3dB程度と大きいという欠点があった。これは、応力付与部を有しない通常の単一モード光ファイバから構成される直線偏波保持性のないファイバ形光結合子の過剰損失が1dB程度以下であることと対照的で、第1図に示した従来の直線偏波保持性ファイバ形光結合子の使用上の大きな問題点であった。

本発明は上記の事情に鑑みてなされたもので、過剰損失の少ないファイバ形光結合子およびその製造方法を提供することを目的とする。本発明の第1の発明であるファイバ形光結合子は、クラッド部に応力付与部を有する複数本の直線偏波保持性光ファイバの一部が、ファイバ複屈折主軸方向を揃えて融着・延伸されてなるファイバ形光結合子において、該光ファイバの応力付与部の屈折率がクラッド部の屈折率に整合していることを特徴とするものである。また第2の発明であるファイバ形光結合子の製造方法は、クラッド部に応力付与部を有する複数本の直線偏波保持性光ファイバの一部を融着・延伸するファイバ形光結合子の製造方法において、融着・延伸に先だち、該光ファイバの応力付与部位置を光ファイバ側面より偏光あるいは紫外光を用いて検出し、必要に応じて個々の光ファイバをその中心軸に関して回転し、複数本の該光ファイバの複屈折主軸方向を所望の配列に揃えることを特徴とする。

本発明者は、過剰損失要因を鋭意検討した結果、応力付与部の屈折率値が過剰損失に大きく影響することを見出したもので、本発明は、低損失化のため、ファイバ形光結合子を構成する光ファイバの応力付与部の屈折率値を、2種以上のドーパントを用いて、クラッド部の屈折率に匹敵するよう補償せしめたものである。屈折率を補償された応力付与部は、従来のような顕微鏡観察では側

4

面よりの位置観察が不可能で、ファイバ主軸の配列が困難という問題が生じたが、これをファイバ側面より偏光あるいは紫外光を用いて観察することにより解決したのである。以下、図面について本発明を詳細に説明する。

第3図aは、種々の応力付与部屈折率値を有する直線偏波保持性光ファイバから構成したファイバ形光結合子の過剰損失と応力付与部比屈折率差（クラッド部の屈折率を基準）との関係（実験値）を示したものである。用いたファイバ断面図を第3図bに示したが、ファイバ外径は125 $\mu$ m、コア径6.5 $\mu$ m、コア部比屈折率差+0.4%、応力付与部5直径30 $\mu$ m、応力付与部中心とコア中心との距離30 $\mu$ mである。応力付与部にはドーパントとしてB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>（屈折率を低下させる）とGeO<sub>2</sub>（屈折率を増加させる）を含み、そのバランスにより比屈折率差が制御されている。ここでは2本のファイバは、第2図aに示した配列構造で融着・延伸され、1.3 $\mu$ mではほぼ50%；50%の分割比を持つよう延伸長が調節されており、第3図aに示す過剰損失は、それぞれ作製した10個の結合子のうち、良好な5個の平均値を示したものである。

第3図より、応力付与部の比屈折率差が-0.5~-0.7%程度の光ファイバから構成される従来のファイバ形光結合子の過剰損失が3dB程度以上となることが確認されるとともに、過剰損失が1dB程度以下になる領域は、-0.15% $\leq$ 応力付与部比屈折率差 $\leq$ +0.05%と狭いことがわかる。第3図aにおいて、応力付与部の比屈折率差がマイナスの方向に移動するにつれて、過剰損失が増加する理由としては次の点が考えられる。すなわち、融着・延伸部では、コア径が細くなるため、光はコア部のみならずクラッド部にも大きく広がって伝わるが、応力付与部の比屈折率差がマイナスの場合には、電界分布が乱されてしまい、基本モードから高次モードへの変換が生じ乱散損失の増加を招いてしまうものと推定される。逆に比屈折率差がプラスの場合には、上記の要因とともに、応力付与部への望ましくない光結合が生じてしまうためと考えられる。第3図aの実験結果は、第2図aの配列に対応したものであるが、第2図b、cの配列の場合には、応力付与部が2つのコア間に介在することになるので、応力付与部

5

6

屈折率値の不整合に伴う過剰損失増加は、さらに著しいものとなる。かくして、ファイバ形光結合子の低損失化のためには、応力付与部の屈折率がクラッド部の値に整合するよう複数のドーパントで補償することが必要である。

第4図は本発明のファイバ形光結合子の製造工程説明図である。まず、2本の直線偏波保持性光ファイバ1-1a, 2-2aの複屈折主軸方向を第2図に示した所望の配列に調節するため、これらを支持台41, 42に設置し、複屈折主軸方向を調節する(第4図a)。しかる後、ファイバを固定する。つづいてファイバの一部を、酸素・プロパン炎で加熱し、一体になるよう融着する(第4図b)。ここで、融着部43は、2本のファイバの配列方向に細くなっているが、これはこの直交方向に太くなつたためである。次に融着部43を加熱すると同時に、支持台42を滑らかに矢印44方向に移動させ、融着部43をテーパ状に延伸し、融着・延伸部3を形成する(第4図c)。

第5図は、第4図aのファイバ主軸配列工程をさらに詳しく図解したもので、第4図aの破線A-A'に沿った断面図を示したものである。第5図において、ファイバ2-2aは既に複屈折主軸方向調整済の状態にあり、ファイバ1-1aは調整前の状態にある。複屈折主軸配列工程において、2本のファイバ1-1a, 2-2aは、2枚のガラス板51, 52間に挟在せしめられ、しかもファイバのクラッド部に近い屈折率値を有する整合液53に浸漬されている。照明光源54からの光は偏光板55aにより、偏光となり、ファイバを横断した後、別の偏光板55bを通過する。偏光がファイバを横断する際に応力付与部の存在によつて生ずる光弾性効果のため、偏光面が回転し、顕微鏡56で観察することにより、明暗差として応力付与部の位置を検出することができる。応力付与部の屈折率値がクラッド部の屈折率と精度良く一致していて、通常の顕微鏡観察では応力付与部を同定できない場合でも応力による光弾性効果は生ずるので、第5図の方法で応力付与部の位置を知ることができ、ファイバを回転して、第2図に示したいずれの配列にも合わせることができる。以上、配列操作の終了後には、ファイバを支持台41, 42に固定し、ガラス板51, 52を除去し、次の融着工程に備えるのである。フ

ファイバ側面に残留した整合液は、融着時に酸・プロパン炎で分解・気化せしめられるので何の問題も無い。

ファイバ複屈折主軸の配列方法としては、紫外光を用いることもできる。すなわち第6図に実施例を示すように、ファイバ1-1a, 2-2aは整合液53とともに、ガラス板51, 52間に挟在せしめられており、ファイバ側面には、He・Cdレーザ61(波長 $0.325\mu m$ 、出力 $10mV$ )からの紫外光が照射されている。ドーパントとして $GeO_2$ を含む応力付与部は紫外光照射によつて可視域に蛍光を発するために、蛍光分布を顕微鏡56を通して観察することにより、応力付与部位置、したがつて複屈折主軸方向を検出することができ、本発明のファイバ形光結合子の作製に有効である。顕微鏡観察をテレビカメラ等を通さず、直接眼で行なう場合には、適当な位置に紫外線カットフィルター62を入れ眼を保護することが望ましい。

以上、本発明の構成等を(2×2)形光結合子について説明したが3本の光ファイバを用いる(3×3)形等についても同様に有効であることはもちろんである。また、以上の実施例でとりあげた直線偏波保持性光ファイバ(PANDAファイバ)の他、類似のいわゆる複屈折性ファイバ(例えばBow-Tieファイバ、楕円形クラッドファイバ等)から成るファイバ形光結合子にも、本発明が適用できることももちろんである。

以上説明したように、本発明によれば、直線偏波保持性光ファイバ応力付与部の屈折率をクラッド部と整合させておくことにより、過剰損失 $1dB$ 程度以下のファイバ形光結合子を提供することができる。偏光あるいは紫外光を用いることにより、ファイバ複屈折主軸方向を希望の方向に揃えて配列させることができるので、光結合部で直線偏波を安定に保存することが可能である。本発明のファイバ形光結合子は、安定な偏波保持が必要なコヒーレント光通信や光ファイバ干渉計センサの構成部品として使用すると効用が大である。

図面の簡単な説明

第1図は従来の直線偏波保持性ファイバ形光結合子の構造図、第2図a~cは直線偏波を保存するファイバ配列図、第3図aは応力付与部比屈折率差と光結合子過剰損失との関係図、第3図bは

7

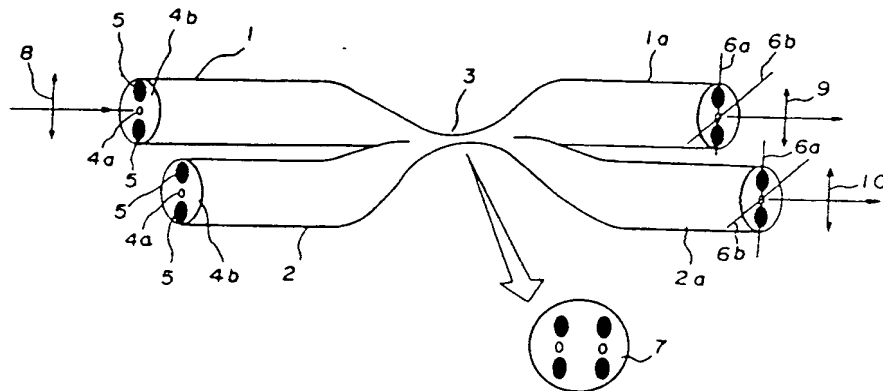
8

第3図aの実験に用いたファイバの断面図、第4図a～cは本発明のファイバ形光結合子作製工程図、第5図は本発明におけるファイバ複屈折主軸整列方法の実施例を示す説明図、第6図は同別の実施例を示す説明図である。

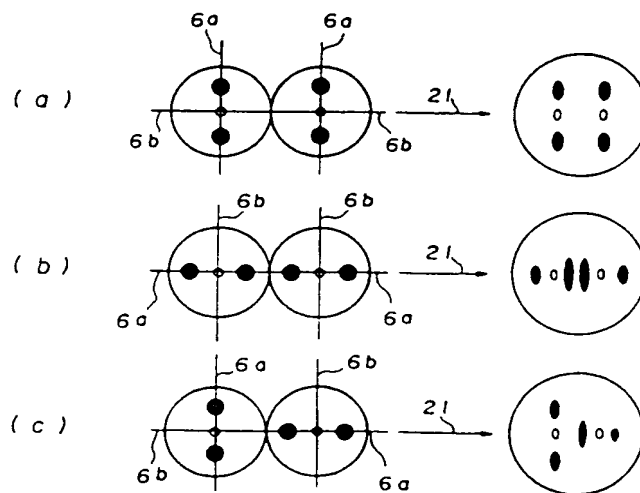
1-1a, 2-2a……直線偏波保持性光ファイバ、3……融着・延伸部、4a……コア部、4b……クラッド部、5……応力付与部、6a, 6

b……ファイバ複屈折主軸、7……融着延伸部断面、8……入射偏波、9, 10……出射偏波、21……融着操作、41, 42……支持台、43……融着部、44……延伸方向、51, 52……ガラス板、53……屈折率整合液、54……照明光源、55a, 55b……偏光板、56……顕微鏡、61……紫外光源、(He・Cdレーザ)、62……紫外線カットフィルター。

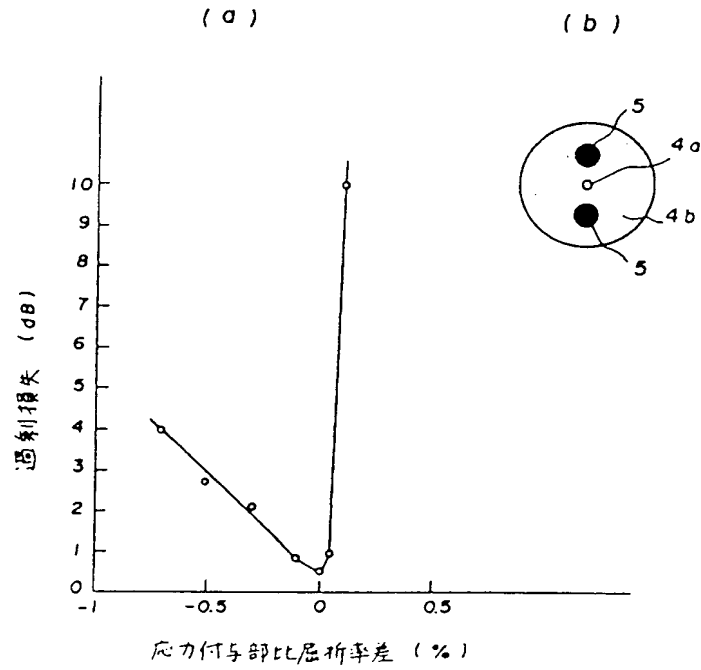
第1図



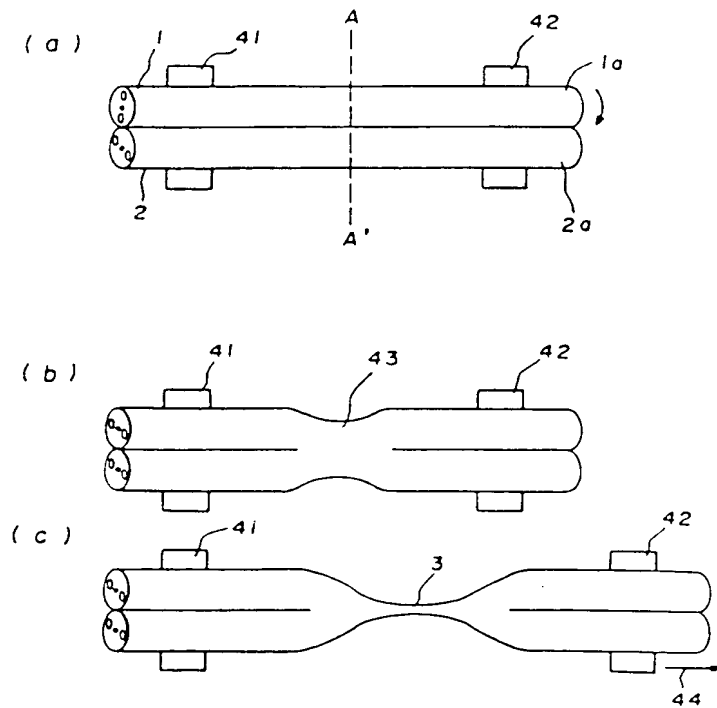
第2図



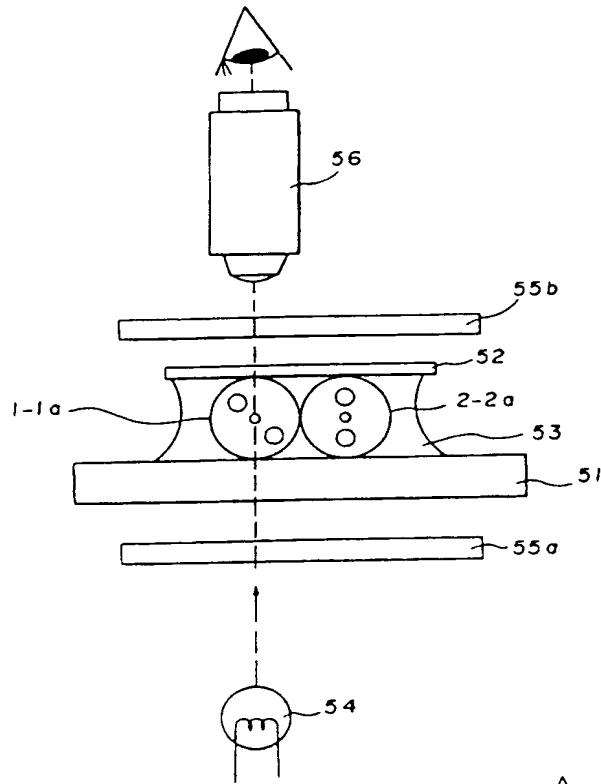
第3図



第4図



第 5 図



第 6 図

